



# REGIONE LOMBARDIA



## INFRASTRUTTURE LOMBARDE

Via Nicolo' Copernico, 38 - 20125 Milano

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Vittorio Peruzzi

# NUOVE OPERE DI REGOLAZIONE PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL LAGO D'IDRO PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE A.T.I.

CAPOGRUPPO

**F&M**  
favero&milan ingegneria

Via Belvedere 8/10, 30035 Mirano (VE)  
Tel. 041-5785711, Fax 041-4355933  
web: www.favero-milan.com

Ing. Tommaso Tassi  
Ing. Federico Moro  
Ing. Valentina Cioci  
Ing. Antonio Nuzzo

**SCA**

Studio Cancelli Associato  
Via Sansovino 23, 20133 Milano  
Tel. 02-45488725, Fax 02-45488726  
E-mail: sca@sca.fastwebnet.it

Prof. Geol. Andrea Cancelli  
Ing. Paolo Cancelli  
Ing. Gianluca Bragonzi

**INGEGNERIA 2P**  
& associati

Via G.B. Dall'Armi 27/3,  
30027 San Donà di Piave  
Tel. 0421-307700, Fax 0421-307716  
web: www.ingegneria2p.it

Ing. Corrado Petris  
Ing. Giovanni Carretta

**Ingegnere**  
Giuseppe Baldo  
Ingegneria e Ambiente

Via delle industrie 18/A,  
30038 Spinea  
Tel. 041-8221863, Fax 041-8221864  
web: www.ingbaldo.com

Ing. Giuseppe Baldo  
Dott. Elisa Porcelluzzi  
Ing. Francesca Domeneghetti

MODELLAZIONE FISICA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA  
Prof. Ing. Paolo Mignosa



Dott. Ing. **TOMMASO TASSI**  
n. 2671  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Venezia



TITOLO ELABORATO:

# GEOLOGIA-IDROGEOLOGIA-GEOTECNICA OPERE GENERALI RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:

N. DOCUMENTO:

-  
-  
-

FASE	REDATTORE	DISCIPLINA	ARGOMENTO	TIPOLOGIA	N. ELABORATO	REVISIONE
D	SC	GE	OPG	R	001	2

REV.	DATA	OGGETTO REVISIONE	REDAZIONE	VERIFICA	CONTROLLO
0	31-03-10	PRIMA EMISSIONE	SCA	SCA	F&M
1	14-05-10	VALIDAZIONE	SCA	SCA	F&M
2	23-05-12	REVISIONE PER ELIMINAZIONE SOGLIA GALLERIA	SCA	SCA	F&M

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
1.1	CONTESTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	2
1.1.1	Descrizione lito stratigrafica .....	4
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO TRIASSICO</b> .....	<b>5</b>
2.1	ARENARIE DI VAL SABBIA .....	5
2.1.1	Litofacies .....	5
2.1.2	Ambiente deposizionale .....	6
2.1.3	Età .....	6
2.2	FORMAZIONE DI SAN GIOVANNI BIANCO .....	7
2.2.1	Litofacies .....	7
2.2.2	Ambiente deposizionale .....	7
2.2.3	Età .....	7
2.3	FORMAZIONE DI CASTRO SEBINO .....	17
2.3.1	Litofacies .....	17
2.3.2	Ambiente deposizionale .....	17
2.3.3	Età .....	17
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DEI DEPOSITI QUATERNARI UBIQUITARI</b> .....	<b>19</b>
3.1	DEPOSITI FLUVIOGLACIALI .....	19
3.2	DEPOSITI DETRITICI PREVALENTEMENTE A GRANA MEDIO-FINE TALORA CEMENTATI .....	19
3.3	DEPOSITI DETRITICI TALORA A GROSSI BLOCCHI ASSOCIATI A DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI .....	20
3.4	DEPOSITI ALLUVIONALI .....	20
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI</b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI ELEMENTI TETTONICI</b> .....	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA</b> .....	<b>25</b>
6.1	CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA IN CORRISPONDENZA DEI SETTORI MARGINALI DEL PROFILO DELLA GALLERIA .....	26
6.2	CARTE GEOAMBIENTALI DEL SIT .....	27
<b>7</b>	<b>RICOSTRUZIONE DELLE SEZIONI GEOLOGICHE</b> .....	<b>29</b>

## 1 PREMESSA

È stato eseguito un rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio a scala 1:5000 dell'area posta in destra orografica del Fiume Chiese tra gli abitati di Pieve Vecchia nel Comune di Idro e di Lavenone nel Comune omonimo, allo scopo di reperire tutte le informazioni geologiche di superficie a supporto della progettazione definitiva della nuova galleria idraulica di regolazione del Lago d'Idro.

Sulla base dei dati raccolti, delle elaborazioni eseguite e dei dati di sottosuolo reperiti tramite le due campagne geognostiche eseguite in fase di progetto preliminare nel 2007 e in fase di progetto definitivo nel 2009, è stato possibile guidare le successive attività di analisi atte alla definizione dei modelli geologico-geotecnici sia lungo il tracciato della nuova galleria di progetto sia lungo la traccia della nuova traversa di sbarramento del Fiume Chiese.

### 1.1 CONTESTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Di seguito, in carattere corsivo, si riportano alcuni estratti dell'inquadramento geologico generale dell'area contenuto nella relazione geologica a supporto del Progetto Preliminare redatta dallo Studio Geologico del Dr. Geol. L. Griffini, desunte, nella gran parte, dalle carte storiche esistenti, ed in parte dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 34 Breno e relative note illustrative, e Foglio 35 Riva:

*“Le principali famiglie di linee tettoniche presenti in questo settore delle Prealpi Bresciane sono riferibili al Sistema Triumplino o Orobico e al Sistema Giudicariense: le prime hanno direzione che varia da E-W a ENE-WSW, le seconde hanno direzione all'incirca NNE-SSW. Il lineamento strutturale più importante presente nella zona di progetto è costituito da una faglia nota come flessura-faglia dell'Abbioccolo che, mediante la faglia di Cecino, avente direzione E-W, potrebbe congiungersi al sovrascorrimento principale di Tremosine e Tignale-Costa, affiorante in varie zone sulla sponda occidentale del lago di Garda. Il sovrascorrimento ha provocato una traslazione tettonica delle dolomie noriche (Dolomia Principale l.s.) da NW verso SE al di sopra di un orizzonte di scollamento impostato nelle facies evaporitiche carniche (Formazione di S. Giovanni Bianco). Le testimonianze di tali strutture sono osservabili lungo la ex-S.S. 237 tra l'abitato di Pieve Vecchia e Lavenone. Si può ritenere che a grande scala sia confermata la presenza di una blanda struttura anticlinalica asimmetrica, con l'asse spostato verso la sponda destra del lago, già segnalata in studi precedenti”.*

L'area in oggetto è pertanto caratterizzata dalla presenza di un lineamento strutturale di importanza regionale, la Faglia dell'Abbioccolo, struttura evidenziata prevalentemente da dati stratigrafici e ad oggi ancora poco studiata.

Il suo significato geodinamico è ancora in via di definizione sebbene sia avvalorata l'ipotesi di struttura ancestrale riattivata in senso transpressivo destro in occasione delle fasi compressive alpine.

In particolare essa potrebbe rappresentare una struttura di svincolo tra il sistema Triumplino-Val Suganese orientato E-W e il sistema Giudicariense orientato NNE-SSW.

*“I nuovi rilievi hanno permesso di modificare e meglio precisare alcuni motivi tettonici e strutturali rilevanti ai fini del progetto. In particolare, l'elemento più importante emerso dai nuovi studi riguarda l'ubicazione e la giacitura della faglia dell'Abbioccolo, che è presente allo sbocco della galleria di progetto nei pressi del fiume Chiese e che si sviluppa proprio in asse a questo tratto di valle estendendosi sia a nord-ovest sia a sud-est dell'area di interesse, limitando il piede della citata “frana di Idro” (o frana del M. Antegolo)”;*

*“Le unità geologiche che affiorano nella regione ove si colloca l'area di interesse sono costituite da una successione di rocce sedimentarie triassiche deposte secondo la seguente*

*sequenza stratigrafica: Servino (Scitico Inferiore) - Calcarea di Prezzo (Anisico Superiore) - Calcarea di Buchenstein o Livinallongo (Ladinico Inferiore) - Porfiriti (Ladinico) - Formazione di Wengen o di La Valle (Ladinico Superiore) - Calcarea di Esino (Ladinico) - Arenaria di Val Sabbia (Carnico Medio - Inferiore) - Formazione di San Giovanni Bianco (Carnico Superiore) - Dolomia Principale (Norico Inferiore-Medio) - Calcarea di Zorzino (Norico medio) - Argillite di Riva di Solto (Norico Superiore – Retico Inferiore) - Calcarea di Zu (Norico Superiore – Retico Medio)”.*

Nell'area affiorano, seppure in maniera limitata, litologie afferenti al substrato roccioso di età Triassico Superiore, comprese tra i piani geologici del Carnico e del Norico.

In questo intervallo di tempo prevalsero su vaste aree condizioni di mare relativamente basso o marino-marginali, in un contesto generale europeo e nord-africano dominato da condizioni di mare molto sottile ad elevata salinità con sedimentazione influenzata sia da una fase di regressione marina generalizzata, con acme nel Carnico, dovuta a fattori climatici a livello globale, con una successiva tendenza trasgressiva nel Norico-Retico, sia dalla presenza di una tettonica sin-sedimentaria compressiva molto sviluppata nel Carnico, accompagnata da un vulcanismo di arco magmatico (Garzanti et al., 1995), cui segue una relativa stasi nel Norico e una tettonica di tipo distensivo nel Retico.

Di seguito si riporta lo schema semplificato dei rapporti stratigrafici esistenti tra le diverse formazioni depostesi in Lombardia nel corso del Triassico Superiore.

In particolare in Lombardia centro-orientale si assiste al passaggio da sedimentazione carbonatica di piana tidale, con strutture di emersione (Calcarea Metallifero Bergamasco, del Carnico inferiore non affiorante nell'area di studio), ad una sedimentazione più complessa (Carnico medio-superiore) articolata in una tipica tripartizione orizzontale.

L'area di laguna protetta caratterizzata da sedimentazione marina (Formazione di Gorno) passa verso sud ad aree a sedimentazione deltizia con depositi terrigeni in gran parte vulcanoclastici (Arenaria di Val Sabbia). Tali depositi provengono dal graduale smantellamento di un arco magmatico emerso caratterizzato da intensa attività di tipo acido.

Sempre verso sud a protezione della laguna interna si estendeva un complesso di piattaforma carbonatica (Formazione di Breno) caratterizzata da sedimenti di piana di marea a sedimentazione carbonatica, con frequenti orizzonti di emersione.

Il Carnico è chiuso da sedimenti regressivi in parte evaporitici (Formazione di San Giovanni Bianco) a cui segue, nel Norico, una sedimentazione tipica di ambienti di piattaforma carbonatica (Formazione della Dolomia Principale), con intercalazione locale di sedimenti di bacino interno a sedimentazione torbida e piccoli bacini chiusi a circolazione ristretta, con sedimenti dolomitici bituminosi.

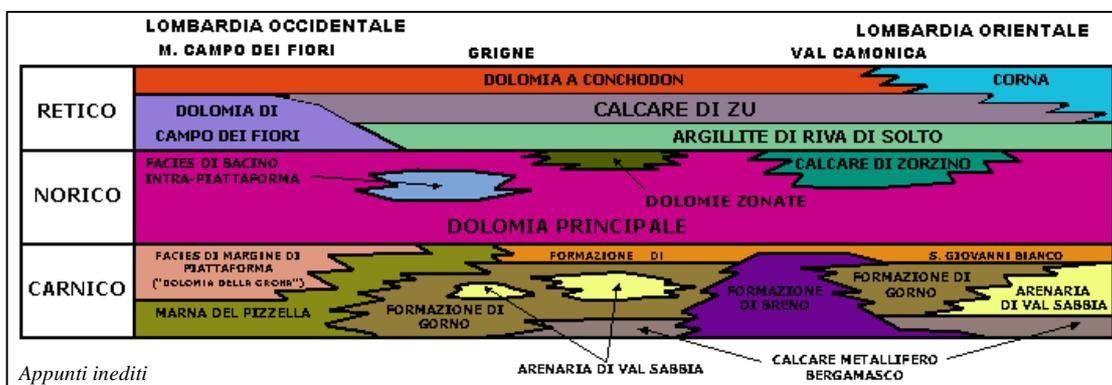


Figura 1 – schema semplificato dei rapporti stratigrafici esistenti tra le diverse formazioni depostesi in Lombardia nel corso del Triassico Superiore.

La successione stratigrafica presente nell'area di studio, quando non disturbata tettonicamente, è costituita dalla Formazione delle Arenarie di Val Sabbia passante gradualmente verso l'alto alle Formazioni di San Giovanni Bianco, di Castro Sebino e della Dolomia Principale, come evidenziato dal seguente schema dei rapporti stratigrafici tratto da Jadoul et alii, 1992 (Riv. It. Paleont. Strat., v. 97, n. 3-4, pp. 355-392, aprile 1992):

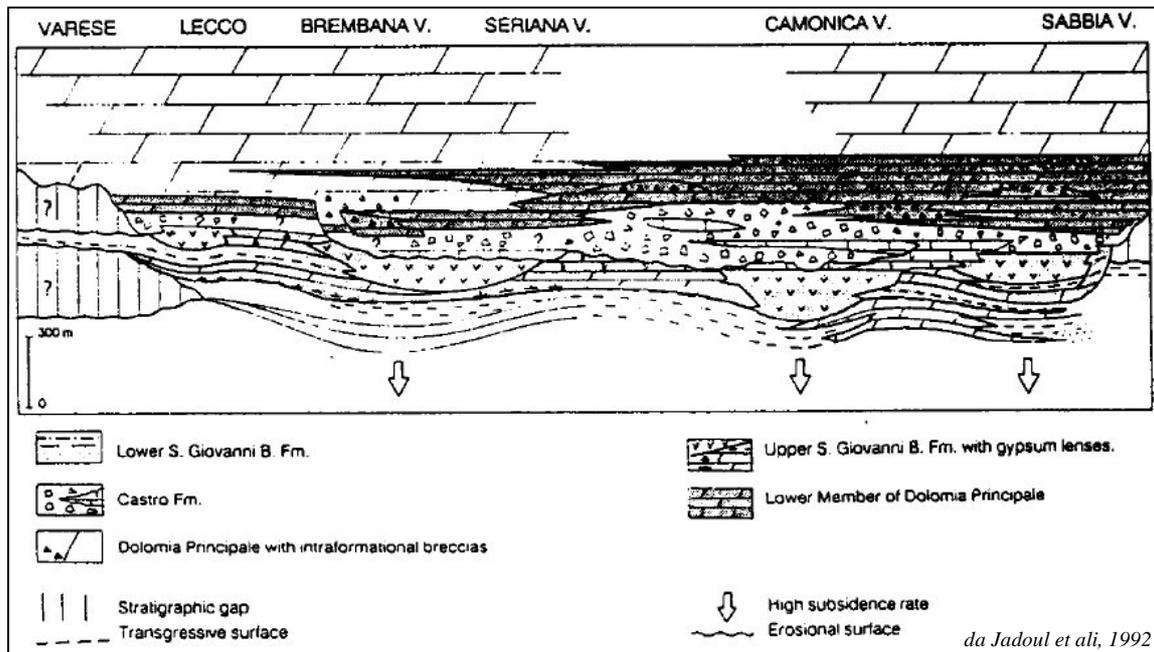


Figura 2 – successione stratigrafica presente nell'area interessata dal presente progetto.

Lo schema mostra nel settore orientale una sequenza caratterizzata da una forte eterogeneità deposizionale nell'ambito della Formazione di San Giovanni Bianco, sovrastata dalla Formazione di Castro Sebino e dal Membro inferiore della Dolomia Principale in rapporto sia stratigrafico sia tettonico.

I depositi costituenti la Formazione di San Giovanni Bianco rappresentano il secondo grande orizzonte di scollamento tettonico alpino.

A causa delle loro particolari caratteristiche reologiche: tale unità litostratigrafica si ritrova pertanto frequentemente molto disturbata e tettonizzata con forti variazioni nel suo spessore caratteristico, peculiarità associata ad una forte variabilità litologica intrinseca, tipica dell'ambiente deposizionale in cui si è formata.

### 1.1.1 Descrizione lito stratigrafica

Di seguito si riporta la descrizione litologica generale delle Formazioni affioranti nell'area, come riportata nella relazione geologica preliminare:

“Le **Arenarie di Val Sabbia** (Carnico Medio-Inferiore) affiorano nell'area in esame lungo la SS237 a Est dell'abitato di Lavenone. In affioramento si osserva un ammasso costituito da roccia di colore rosso, rosso-grigio, a grana medio-fine, con laminazione sottile piano parallela non sempre visibile. Localmente si osservano intercalazioni di livelli conglomerati di spessore variabile da decimetrico a pluridecimetrico. Sono presenti noduli di natura carbonatica di dimensioni fino a centimetriche e vene di calcite di spessore millimetrico. In affioramento la roccia risulta localmente intensamente fratturata in frammenti scagliesi di dimensioni millimetriche”.

“La **Formazione di San Giovanni Bianco** (Carnico Superiore) affiora localmente a Est della SS237 a tetto delle Arenarie di Val Sabbia ed è stata segnalata in una estesa porzione alla base della galleria degli agricoltori. In affioramento l'ammasso è costituito da rocce calcaree di colore grigio-marrone, massicce, con presenza di molte cavità, anche centimetriche. Ha una buona reazione all'HCl 5%. Sono localmente presenti lenti di gesso”.

“La **Dolomia Principale** (Norico Inferiore - Medio) affiora alle quota più elevate dell'area in esame. In affioramento sono visibili dolomie, calcari dolomitici, di colore grigio chiaro in superficie, scuro alla frattura fresca. In affioramento gli ammassi risultano prevalentemente massicci, o comunque con una stratificazione non ben distinta e continua o in banchi da decimetrici a pluridecimetrici. Localmente sono presenti piccoli vuoti o vene riempite da calcite”.

“Oltre alle unità del substrato lapideo sopra descritte, sono presenti le seguenti unità della copertura quaternaria, costituite da depositi sciolti o debolmente cementati:

I **Depositi di versante** sono presenti alla base dei fronti rocciosi, in particolare nella parte orientale dell'area considerata; possono raggiungere spessori di diverse decine di metri. Sono costituiti da ghiaie grossolane con clasti spigolosi con sfericità bassa immersi in matrice sabbioso-limosa, di colore marrone nella parte orientale, tendente al rosso nel settore occidentale, a cui si alternano livelli conglomeratici da moderatamente a ben cementati con clasti poligenici di natura sia calcarea che dolomitica. Sono presenti anche blocchi pluridecimetrici immersi nella matrice sabbiosa. La natura dei clasti è controllata dalle formazioni affioranti sul versante; nel settore orientale la litologia dei clasti è prevalentemente di natura dolomitica e calcarea, mentre nel settore occidentale il detrito è regolato dalla presenza della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia e della Dolomia Principale; solo localmente sono presenti clasti riferibili alla Formazione di S. Giovanni Bianco.

I **depositi alluvionali** sono stati rilevati al di sotto della strada statale e si presentano come depositi grossolani ghiaioso-sabbiosi con frequenti ciottoli ben arrotondati distribuiti in adiacenza al fiume Chiese. La petrografia dei clasti vede la presenza di litologie estranee alle formazioni affioranti sui versanti a monte, quali ad esempio la formazione del Verrucano Lombardo, tonaliti del Plutone dell'Adamello e rocce effusive. Nella zona appena a valle del ponte di Pieve Vecchia e sino quasi alla traversa esistente sono presenti depositi alluvionali più fini, sabbioso e sabbioso-limosi con presenza di ghiaia e ghiaietto meno abbondanti che nella zone più a valle”.

## 2 DESCRIZIONE DEL SUBSTRATO ROCCIOSO TRIASSICO

Dall'attività di rilevamento condotta nell'area di studio è stato possibile descrivere in dettaglio ciascuna unità litostratigrafica presente nell'area e rappresentarla in carta sia come facies esposta sia come facies subaffiorante.

Di seguito si riportano in ordine cronologico dal più antico al più recente le unità litostratigrafiche presenti nell'area di studio:

### 2.1 ARENARIE DI VAL SABBIA

#### 2.1.1 Litofacies

Siltiti e litareniti vulcaniche plagioclasiche con scarsissimo quarzo, molto compatte e ben stratificate in banchi fino a plurimetrici; la successione è organizzata in sequenze cicliche di fining-upward FU di spessore decametrico con base spesso erosionale, irregolarmente ondulata; alla base di ciascun ciclo possono essere presenti conglomerati intraformazionali a clasti pelitici rosso cupo o

grigio nerastri; seguono litareniti feldspatiche da fini a medie, con laminazioni piano-parallele, passanti verso l'alto a siltiti massive, spesso contenenti noduli calcareo-cloritici di origine pedogenetica, cristalli di pirite ed intercalati livelli di litareniti finissime. Le arenarie si presentano in strati centimetraci e decimetrici spesso amalgamati, mentre le peliti sono prevalentemente a stratificazione indistinta; un clivaggio diffuso conferisce un prevalente aspetto scheggioso ai livelli pelitici.

### 2.1.2 Ambiente deposizionale

Sedimenti terrigeni riferiti ad un sistema deltizio in progradazione con ambienti prevalentemente alluvionali a sud e deltizio-marini verso NW, delimitato verso mare da lagune costiere a sedimentazione carbonatico-pelitica.

### 2.1.3 Età

Carnico inferiore – medio

Di seguito si riportano alcune fotografie rappresentative della Formazione:



Figura 3 – Particolari di affioramenti dell'Arenaria della Val Sabbia in prossimità della zona del canale di dissipazione della galleria in progetto.



Figura 4 – Particolari di affioramenti dell'Arenaria della Val Sabbia lungo il tratto di strada provinciale compreso tra Lavenone e Idro.

## **2.2 FORMAZIONE DI SAN GIOVANNI BIANCO**

### **2.2.1 Litofacies**

La Formazione di S. Giovanni Bianco è caratterizzata da una estrema variabilità di facies, quali evaporiti, facies dolomitico-pelitiche e facies arenacee, le quali rappresentano ambienti diversi, che passano da lagunari alla base (e che segnano una rapida trasgressione che porta al soffocamento della piattaforma del Breno), ad ambienti intertidali o sopratidali, fino a sabkha.

### **2.2.2 Ambiente deposizionale**

Aea costiera poco profonda, a sedimentazione mista carbonatico-terrigena che passa gradualmente ad ambienti a sabkha con sedimentazione mista.

### **2.2.3 Età**

Carnico medio-superiore

Quanto sopra evidenziato, unito sia alla frequente tettonizzazione di parte o di tutta la Formazione sia alla notevole scarsità e alla limitata dimensione degli affioramenti presenti nell'area, rende particolarmente difficile la caratterizzazione dell'unità.

Pertanto si è deciso di ampliare la finestra di osservazione focalizzando l'attenzione su 5 diverse aree, presenti nell'ambito dell'Alta Val Sabbia, in cui affiora la Formazione di San Giovanni Bianco e in cui sono ben individuabili specifiche caratteristiche litostratigrafiche da utilizzarsi come parametri funzionali diagnostici nell'ambito dell'area di studio.

In particolare sono state scelte le seguenti aree di osservazione, qui di seguito riportate con simbolo circolare blu insieme all'area di studio indicata con rettangolo rosso:



Figura 5 – Zone di affioramento della formazione di San Giovanni Bianco.

I siti 1 e 2 sono posti nei pressi di Odolo-Preseglie: in particolare nel sito n. 1 di Odolo affiora in successione stratigrafica indisturbata il graduale passaggio tra la Formazione di San Giovanni Bianco in litofacies dolomitico-pelitica e la sovrastante Formazione della Dolomia Principale, mentre nel sito n. 2 di Preseglie affiorano litofacies a carnirole prevalenti e peliti subordinate associate ed alternate a calcari marnosi.

Di seguito si riportano alcune fotografie rappresentative:



*SITO 1*



*SITO 2*

Figura 6 – Particolari dei siti esaminati.

Nel sito 3, nei pressi di Casto, affiora sempre la litofacies dolomitico-pelitica ma con caratteristiche prevalentemente dolomitiche, tanto che risulta difficilmente distinguibile con le soprastanti unità appartenenti alla Formazione di Castro Sebino e della Dolomia Principale.

Nel sito 4 nei pressi di Auro-Mura e nel sito 5 nei pressi di Treviso Bresciano affiora la litofacies evaporitica, oggetto in pasata di attività estrattiva: si tratta di gessi a laminazione millimetrico-centimetrica, polverulenti, con intercalazioni di siltiti nocciola-rossastre e dolomie gessose grigie a laminazione ondulata, come mostrato dalle seguenti fotografie:

*SITO 4*



*SITO 5*



Figura 7 – Particolari dei siti esaminati.

Con i dati raccolti dalle osservazioni litostratigrafiche sopra descritte è stato possibile caratterizzare in maniera più dettagliata la Formazione di San Giovanni Bianco affiorante nell'area di studio, distinguendo al suo interno le seguenti litofacies:

#### **Litofacies arenacea**

Alternanze di arenarie e siltiti da grigie a verdi, localmente piritifere; le arenarie variano da fini a grossolane, in strati da centimetrici a decimetrici, solo localmente laminate; le arenarie più grossolane sono alterate in colori ferruginosi e non reagiscono all'acido, mentre le arenarie fini sono litareniti con incremento del contenuto di quarzo rispetto alle arenite della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia; le siltiti sono generalmente di colore verdastro raramente rossastro, ricche in clasti pelitici e solo localmente con concrezioni carbonatiche-silicee di dimensioni fino a decimetriche; sono diffusi inoltre i noduli e i cristalli di pirite negli orizzonti verdi e frustoli vegetali. Alle arenarie e alle siltiti sono associate marne dolomitiche da grigie a giallastre, ocracee sulla superficie alterata.

#### **Litofacies terrosa**

Costituita da strati pelitico-marnosi da marroni a verdini a cui sono associate rare dolomie grigie, dolomie marnose, calcari dolomitici vacuolari, sfattici di colore bruno-giallastro e orizzonti di carnirole.

#### **Litofacies brecciata**

Costituita da carnirole giallastre inglobanti clasti siltitici marroncini, verdi e grigi di aspetto massivo.

#### **Lenti evaporitiche**

Costituite da gessi e anidriti a laminazione intensamente ripiegata per cause tettoniche associate a gessi a laminazione millimetrico-centimetrica, polverulenti, con intercalazioni di siltiti nocciola-rossastre e dolomie gessose grigie a laminazione ondulata.

#### **Breccie evaporitiche miste a litofacies terrosa**

Costituite da prevalenti siltiti e marne gessifere inglobanti clasti da centimetrici a decimetrici di natura evaporitica.

Le litofacies sopra descritte sono state individuate attraverso affioramenti sparsi localmente nell'area di studio; tali distinzioni hanno pertanto carattere informale, in quanto non ascrivibili a membri formazionali, ufficialmente istituiti altrove, a causa delle limitate estensioni areali degli stessi affioramenti.

Nell'ambito della Formazione di San Giovanni Bianco presente nell'area di studio è comunque possibile definire, in linea generale, una possibile sequenza litostratigrafica:

- nella parte inferiore della formazione, al passaggio con la sottostante Formazione delle Arenarie di Val Sabbia, è presente la litofacies arenacea passante verso l'alto alla litofacies terrosa, la quale al tetto può essere sostituita dalla litofacies arenacea, caratterizzata da siltiti verdi, ricche in dolomite e con rare e locali intercalazioni arenacee fini, intercalate a dolomie vacuolari e marnose di passaggio alla soprastante litofacies brecciata; quest'ultima, di aspetto massivo o solo rozzamente stratificata, ingloba clasti prevalentemente siltitici, il cui numero tende a diminuire verso l'alto con conseguente aumento dei clasti di natura calcarea fino al passaggio con le breccie costituenti la sovrastante Formazione di Castro Sebino.

Le lenti evaporitiche e le breccie evaporitiche miste alla litofacies terrosa non sono sempre presenti all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco: in alcune zone il passaggio tra la litofacies terrosa e la Dolomia Principale è netto, senza comparsa di lenti evaporitiche (ne è un esempio il sito n. 1 di Odolo, sopra descritto); in altre zone, come quella di studio, tale passaggio è più incerto con comparsa della litofacies brecciata e delle evaporiti e presenza della Formazione di Castro Sebino.

Nell'area di studio non affiorano in superficie litofacies evaporitiche, sebbene siano presenti indizi morfologici della loro presenza (doline s.l.) e siano state ritrovate in corrispondenza del tratto iniziale della vecchia gallerie degli agricoltori e in corrispondenza di alcuni sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito del presente studio.

Di seguito si riportano alcune fotografie degli affioramenti di San Giovanni Bianco ritenuti più significativi in termini di estensione e litofacies di appartenenza:



Figura 8 – Litofacies arenacea: arenarie grossolane e fini.



Figura 9 – Litofacies arenacea: siltiti verdastre raramente rossastre, ocracee in patina di alterazione.



Figura 10 – Litofacies arenacea: siltiti verdastre poggianti su marne; marne dolomitiche ocracee in patina di alterazione con raro nodulo di natura selciosa



Figura 11: particolari di affioramenti della Formazione di San Giovanni Bianco.

Le fotografie mostrano l'affioramento più esteso della Formazione di San Giovanni Bianco, ritrovato nei pressi della località Piazze a quota di circa 490 m slm.

Affiora in modo evidente la litofacies terrosa.

Sono evidenti gli orizzonti marnosi che risultano più competenti degli orizzonti pelitici e che risultano interessati da un sistema di piegamenti isoclinalici con asse orientato circa N20E.

L'andamento spaziale di tali orizzonti ha permesso di raccogliere l'unica giacitura ritenuta valida all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco, ovvero 310/50, la quale è stata presa come riferimento generale per l'intera formazione.



Figura 12: particolari di affioramenti della Formazione di San Giovanni Bianco.

Si tratta di un piccolo affioramento in corrispondenza di un tratto di impluvio particolarmente inciso posto ad ovest di Pieve Vecchia, a quota di circa 430 m slm.

Vi affiorano dolomie marnose e calcari marnosi appartenenti alla litofacies terrosa, fortemente tettonizzati.

Ciò conferma le forti incertezze esistenti sull'andamento spaziale dei litotipi appartenenti alla Formazione di San Giovanni Bianco e sui rapporti stratigrafici esistenti tra le diverse litofacies descritte.



Figura 13: particolari di affioramenti della Formazione di San Giovanni Bianco.

La foto a sinistra mostra un piccolo affioramento a monte di Pieve Vecchia, a quota di circa 440 m slm. Qui affiorano marne-pelitico molto disarticolate associate a carniole e dolomie marnose vacuolari appartenenti alla litofacies terrosa

La foto a destra mostra un piccolo affioramento a monte di Pieve Vecchia, a quota di circa 410 m slm, ove affiorano peliti giallo-ocra con screziature verdastre, appartenenti alla litofacies terrosa.



Figura 14: particolari di affioramenti della Formazione di San Giovanni Bianco.

La foto a sinistra mostra un piccolo affioramento posto a quota di 520 m slm a monte di località Piazze, ove affiorano siltiti verdi e localmente arenarie fini rossastre appartenenti alla litofacies arenacea e poste a tetto della litofacies terrosa.

La foto a destra mostra alcune concrezioni nodulari di natura silicea, vagamente allineate, immerse in dolomie marnose e calcari marnosi fortemente disarticolati appartenenti alla litofacies terrosa; tale allineamento di concrezioni presenta una giacitura di 30/25.



Figura 15: particolari di affioramenti della Formazione di San Giovanni Bianco.

La foto a sinistra mostra un banco competente di conglomerato/breccia a clasti siltici. A destra si notano calcarei immersi in matrice rosso-vinata circondato da carniole e dolomie vacuolari appartenenti alla litofacies brecciata.



Figura 16: particolari di affioramenti della Formazione di San Giovanni Bianco.

La foto a sinistra mostra le carniole massicce inglobanti clasti siltici. A destra si osservano calcarei appartenenti alla litofacies brecciata e poste al passaggio con la sovrastante Formazione di Castro Sebino.

## **2.3 FORMAZIONE DI CASTRO SEBINO**

Questa formazione corrisponde alle “Brecce Basali” della Dolomia Principale (CURIONI, 1877) segnalate in seguito, anche sotto nomi diversi ed in altri settori lombardi da ASSERETO & CASATI, 1965; ROSSETTI, 1966a, 1966b; BONI & CASSINIS, 1973; GAETANI, 1985; GAETANI et alii, 1987. Ne è stata proposta l’istituzione da JADOUL et alii (1992a) sotto il nome di Formazione di Castro Sebino. L’unità è stata formalizzata in DELFRATI et alii (2000).

### **2.3.1 Litofacies**

Costituita da brecce minute a clasti mediamente centimetraci, intraformazionali di calcari grigio-chiari e scuri ricristallizzati (microspariti e pseudo spariti) con numerose fratture tensionali primarie e tardo diagenetiche ed intercalazioni di calcari grigio chiari e scuri in prevalenza micritici.

Nella parte mediana sono prevalenti brecce calcaree in grossi banchi amalgamati.

Vi sono brecce tettoniche e sottofacies in genere connesse soprattutto a fenomeni di sovrascorrimento di età alpina, molto diffusi in corrispondenza del limite stratigrafico con la Formazione di San Giovanni Bianco.

Localmente sono diffusi fenomeni erosivi, di risedimentazione, pedogenetici e carsici di età ancora incerta, alcuni sembrano sindeposizionali mentre la maggior parte appare di età più tardiva, verosimilmente compresa tra il Neogene e il Pleistocene.

Al letto il passaggio è graduale con comparsa di brecce calcareo-dolomitiche intraformazionali massive o in grossi banconi amalgamati localmente con intercalati calcari o calcari dolomitici grigi e scuri.

Il limite di letto con la Formazione di S. Giovanni Bianco è raramente esposto in quanto la Formazione di Castro Sebino forma versanti dirupati alla base dei quali si accumulano detriti provenienti dalle pareti soprastanti che coprono il limite.

In prossimità di tale contatto si nota comunque un arricchimento delle brecce della Formazione di Castro Sebino in clasti siltitici, dolomitici e di carniole di chiara provenienza dalla formazione sottostante.

Ciò avvalorava l’ipotesi di un meccanismo di deposizione in massa con parziale erosione del letto.

Al tetto il passaggio è transizionale con un progressivo incremento di dolomie grigio scure ben stratificate appartenenti al Membro Inferiore della Dolomia Principale di età Norico Inferiore.

Esso è costituito da dolariti fini e dolosiltiti sottilmente laminate ricche in clasti pelitici flottati e con sottili intercalazioni marnoso-dolomitiche.

Localmente laminazioni stromatolitiche planari e a duomo di origine batterica brecciole litoclastiche e piccoli slumping.

### **2.3.2 Ambiente deposizionale**

Bacini e laghi effimeri non sempre in diretto contatto con il mare aperto e con influssi di acque meteoriche in un regime climatico verosimilmente monsonico; emersioni periodiche, fenomeni erosivi e di dissoluzione-collasso controllati da tettonismo sinsedimentario e da variazioni volumetriche dei sottostanti corpi evaporitici appartenenti alla Formazione di San Giovanni Bianco, hanno contribuito alla messa in posto di potenti accumuli di brecce intraformazionali.

### **2.3.3 Età**

Carnico Superiore – Norico Inferiore

Nell'area di studio tale formazione è presente alle quote più elevate, con aspetto prevalentemente massivo, per cui risulta particolarmente difficile determinarne la giacitura; costituisce le pareti rocciose subverticali che rappresentano le sorgenti di distacco di frane di crollo antiche e recenti.



Figura 17: particolari di affioramenti della Formazione di Castro Sebino.

### 3 DESCRIZIONE DEI DEPOSITI QUATERNARI UBIQUITARI

Dall'attività di rilevamento, soprattutto di tipo geomorfologico, condotta nell'area di studio è stato possibile distinguere e descrivere i depositi quaternari sulla base del fenomeno principale che li ha generati.

#### 3.1 DEPOSITI FLUVIOGLACIALI

Nell'area non sono stati ritrovati fronti di scavo in affioramento, sebbene siano facilmente individuabili sulla base delle forme e in base alla presenza di massi erratici, come mostrato nelle fotografie seguenti.



Figura 18: particolari di depositi quaternari.

#### 3.2 DEPOSITI DETRITICI PREVALENTEMENTE A GRANA MEDIO-FINE TALORA CEMENTATI

Sono presenti alla base delle pareti rocciose poste nel settore orientale dell'area considerata. Possono raggiungere spessori di diverse decine di metri.

Sono costituiti da ghiaie grossolane con clasti spigolosi con sfericità bassa immersi in matrice sabbioso-limosa, con evidente embricatura, talora interrotta da porzioni caotiche. Sono presenti frequenti porzioni cementate da cemento secondario di natura calcarea.



Figura 19: particolari di depositi detritici prevalentemente a grana medio-fine talora cementati.

### 3.3 DEPOSITI DETRITICI TALORA A GROSSI BLOCCHI ASSOCIATI A DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI

Sono presenti alla base delle pareti rocciose poste nel settore occidentale dell'area considerata.

Presentano spessori generalmente limitati.

Rappresentano i depositi di copertura eluvio-colluviali che, in alcuni settori dell'area di studio, rendono la successione rocciosa subaffiorante.



Figura 20: particolari di depositi detritici talora a grossi blocchi associati a depositi eluvio-colluviali.

### 3.4 DEPOSITI ALLUVIONALI

Sono distinti in funzione della loro età, posizione altimetrica e granulometria in antichi, recenti ed attuali; in generale sono costituiti da ghiaie sabbiose con ciottoli di natura poligenica passanti a sabbie e sabbie limose con ghiaia più o meno abbondante.

## 4 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

L'analisi geomorfologica e la relativa Carta Geologica e Geomorfologica (Elab. D.SC.GE.OPG.T.001) affina lo studio di base dell'Inventario delle frane dei dissesti idrogeologici.

In particolare il citato elaborato progettuale è in accordo con la cartografia disponibile nel portale del Servizio Geologico d'Italia nell'ISPRA.

Infatti sono stati rilevati i medesimi cinematismi di frana. Eventuali differenze degli esatti limiti delle aree sono imputabili al livello di affinamento dei rilievi. Infatti, ai fini del progetto sono state eseguite attività di rilevamento in campagna su base cartografica di dettaglio proprio a partire dallo studio di base dell'IFFI e tenendo altresì conto degli esiti della campagna di indagine geognostica.

Gli approfondimenti su eventuali fenomeni franosi è stata eseguita in corrispondenza delle aree interessate dalla realizzazione delle opere. In particolare le verifiche di stabilità sono state eseguite anche in presenza dei carichi sismici

Il fenomeno franoso in corrispondenza della traversa non è stato oggetto di ulteriori approfondimenti rispetto al quadro conoscitivo, già particolarmente dettagliato, messo a disposizione degli scriventi.

Si sottolinea la posizione della nuova traversa è stata definita, già in fase di progettazione preliminare, in modo da non essere condizionata da tale cinematismo. Inoltre, la nuova posizione consente la realizzazione dei lavori senza arrecare alcun disturbo alla stabilità del versante.

Nella carta geologica di dettaglio sono stati riportati i principali elementi geomorfologici distinguendo:

- i terrazzi stabili di diversa origine dai terrazzi di erosione fluviale recente;
- gli orli di scarpata erosionale dagli orli di scarpata rocciosa;
- i fenomeni di ruscellamento concentrato;
- le aree soggette a fenomeni di franosità diffusa;
- i fenomeni franosi attivi, quiescenti o stabilizzati artificialmente;
- i conoidi di deiezione/detritici;
- i corpi di paleofrana di crollo;
- i corpi di paleofrana in lento creep;
- le doline o le evidenze superficiali di fenomeni di sfornellamento a carico della vecchia Galleria degli Agricoltori;
- le sorgenti o emergenze idriche.

Di seguito si riportano alcune fotografie riportanti elementi geomorfologici significativi.



Figura 21: particolare di terrazzi stabili e orli di scarpata rocciosa nel tratto di versante interessato dalla realizzazione della galleria in progetto.



Figura 22: particolare di corpo di paleofrana di crollo e di conoide di deiezione/detritica e un esempio di evidenza superficiale di fenomeni di sfornellamento a carico della vecchia Galleria degli Agricoltori.

## 5 DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI ELEMENTI TETTONICI

L'area di studio si colloca nell'ambito del contesto sismotettonico dell'Arco Alpino, caratterizzato dalla convergenza tra la placca africana e quella europea ed è ubicata lungo il margine settentrionale della catena Sudalpina, che ha subito un imponente sollevamento (uplift) a partire dal Pliocene (Zanferrari et al., 1982).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004) l'area si colloca al confine tra le zone sismogenetiche 906 e 907, caratterizzate dalle strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; in particolare l'area è interessata dal sistema difaglie delle Giudicarie, legato a thrusts e strutture transpressive ad andamento NNE-SSW associate al sistema di faglie legate alla flessura dell'Abbioccolo ad andamento generalmente NW-SE.

Poiché le strutture più importanti del dominio Sudalpino sono thrusts sepolti, gli studi geomorfologici e paleosismologici non hanno identificato le faglie principali responsabili dei terremoti di grande magnitudo (e.g. Galadini et al., 2001).

Tutti i terremoti dell'area mostrano allineamenti di epicentri lungo il sistema delle Giudicarie e profondità ipocentrali dell'ordine dei 5-10 km.

Le strutture tettoniche individuabili da rilievi geologici di superficie non rappresentano l'espressione diretta delle strutture sismogenetiche profonde, che per questo sono definite "cieche".

Le strutture individuabili con maggior evidenza in superficie rappresentano, per la maggior parte dei casi, strutture ancestrali pre-orogeniche legate al regime distensivo di età triassica, riattivate ed invertite in tempi diversi durante l'orogenesi alpina.

Per quanto riguarda la valutazione della pericolosità sismica dell'area si fa riferimento ai recenti studi di settore eseguiti nell'ambito dei progetti sismologici INGV-DPC e recepiti nell'ambito della Normativa Tecnica per le Costruzioni, al fine di definire l'azione sismica progettuale.

Nella carta geologica di dettaglio sono stati riportati i principali elementi tettonici, distinguendo i principali assi di piegamenti, le principali direttrici delle fratture a carico delle pareti rocciose costituite dalla Formazione di Castro Sebino e l'andamento presunto del lineamento tettonico afferente alla Faglia dell'Abbioccolo.

In particolare, per quanto riguarda quest'ultimo elemento, appare possibile la presenza di una serie di scaglie tettoniche nell'ambito del fascio di faglie afferenti al sopraddetto lineamento di importanza regionale.

Esso mette in contatto, nel settore centrale dell'area considerata, due porzioni di Arenaria di Val Sabbia, una immergente a SE, l'altra immergente a NW.

Nel settore occidentale la presenza di una probabile scaglia tettonica mette in contatto l'Arenaria di Val Sabbia immergente a SE con la Formazione di San Giovanni Bianco immergente a NE in corrispondenza della scaglia stessa e con la Formazione di San Giovanni Bianco immergente a NW e in continuità stratigrafica con la soprastante Formazione di Castro Sebino.

L'interpretazione geologica sopra riassunta è soggetta a forte incertezza a causa degli scarsi affioramenti presenti e alle scarse giaciture reperibili.

La caratterizzazione sismica del territorio è inserita nella Relazione geotecnica.



Si noti la presenza di parziali fenomeni di milonizzazione a carico della litofacies arenacea della Formazione di San Giovanni Bianco in prossimità del lineamento tettonico sopra descritto.

Tali litologie mostrano una maggiore resistenza a compressione rispetto alle litologie ordinarie e un aspetto e una struttura molto simili a quelle tipiche di rocce metamorfiche, a possibile conferma della presenza di un grado metamorfico basso legato alla presenza di forti sollecitazioni tangenziali e compressive.

## 6 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Per l'area di studio è possibile avanzare le seguenti osservazioni, basate sulle caratteristiche idrogeologiche generali delle singole formazioni litostratigrafiche.

In sintesi:

- la Formazione di Castro Sebino, tipicamente a comportamento reologico rigido e fragile, è caratterizzata da un fitto reticolo di fratture più o meno continue e beanti, le quali conferiscono all'intero complesso un'alta permeabilità secondaria; l'intera formazione è pertanto sede di un probabile acquifero carsico, il cui letto è rappresentato probabilmente dalla sottostante Formazione di San Giovanni Bianco, a comportamento reologico più duttile, almeno per quanto riguarda la litofacies terrosa;
- se alla litofacies brecciata della Formazione di San Giovanni Bianco è possibile associare una permeabilità e un comportamento molto simile a quello della Formazione di Castro Sebino, alla litofacies terrosa è invece associabile una permeabilità piuttosto bassa, legata alla litologia prevalente costituita da strati pelitico-marnosi, a cui sono associate rare dolomie grigie, dolomie marnose, calcari dolomitici vacuolari, sfattici di colore bruno-giallastro e orizzonti di carniole.
- la litofacies arenacea della Formazione di San Giovanni Bianco e la sottostante Formazione dell'Arenaria di Valsabbia presentano un comportamento intermedio rispetto alle precedenti, con un grado di permeabilità medio, legato prevalentemente al grado di fatturazione.

Sulla base delle caratteristiche sopra riportate è possibile avanzare un'ipotesi di modello idrogeologico a validità generale, caratterizzato da un acquifero carsico con sede nella Formazione di Castro Sebino, in lenta e continua evoluzione a causa dei fenomeni erosivi e di dissoluzione-collasso controllati dalle variazioni volumetriche dei sottostanti corpi evaporatici presenti irregolarmente all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco.

In generale l'acquifero risulta confinato alla base in corrispondenza delle litologie pelitico-marnose, le quali sono frequentemente interessate da deformazioni tettoniche legate al fatto che esse rappresentano uno dei principali orizzonti di scollamento alpino; pertanto localmente sono possibili lineamenti e discontinuità, che possono mettere in comunicazione il reticolo di fratture presenti nella Formazione di Castro Sebino con le strutture tettoniche presenti nella sottostante formazione, inducendo vie preferenziali per la circolazione idrica.

In un simile assetto generale dell'area è possibile aspettarsi, lungo il tracciato della galleria di progetto, locali ed abbondanti venute d'acqua, difficilmente stimabili in ubicazione e portata, localmente concentrate in corrispondenza del lineamento tettonico regionale della Faglia dell'Abbioccolo e dell'interfaccia substrato roccioso-depositi detritici, possibile sede di falde sospese discontinue e di piccola-media entità.

Per quanto riguarda il lineamento tettonico ascrivibile alla Faglia dell'Abbioccolo, questa è una struttura ancestrale pre-orogena legata al regime distensivo di età triassica, riattivata ed invertita in tempi diversi durante l'orogenesi alpina. Il suo andamento è stato ipotizzato sulla base dei dati geologici di superficie, dei dati stratigrafici desumibili dai sondaggi e dalle informazioni disponibili riguardanti la ricostruzione paleogeografia dell'area. Pertanto l'alveo del torrente Abbioccolo e in subordine l'alveo del fiume Chiese si sono impostati in tempi recenti lungo lineamenti tettonici più antichi, in quanto essi rappresentano zone di maggior debolezza ove risultano favoriti i fenomeni di erosione superficiale. La presenza lungo tali corsi d'acqua di continuo deflusso idrico durante l'anno consente di escludere un rapporto di vero e propria continuità tra questi e il lineamento tettonico in oggetto. restano possibili parziali interferenze a cui sono legate le possibili, diffuse ed abbondanti venute d'acqua già citate.

## 6.1 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA IN CORRISPONDENZA DEI SETTORI MARGINALI DEL PROFILO DELLA GALLERIA

Di seguito si riportano gli estratti dei settori marginali del profilo geologico interpretativo ricostruito lungo la traccia della galleria di progetto, riportanti le superfici piezometriche (linee blu) ricostruite sulla base dei dati disponibili (con le frecce blu sono indicati i valori di soggiacenza della falda):

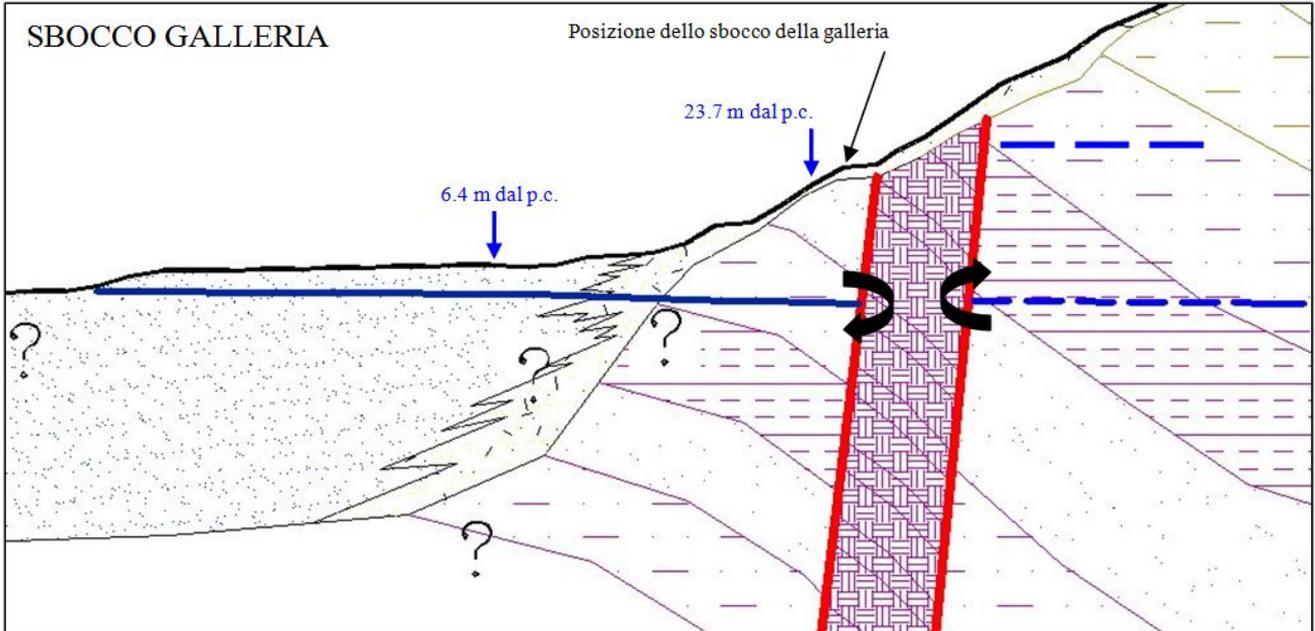


Figura23: le frecce nere presenti in prossimità dei margini della zona di taglio riconducibile al Lineamento dell'Abbioccolo indicano la sua azione, in parte drenante e in parte frenante, esercitata nei riguardi della superficie piezometrica.

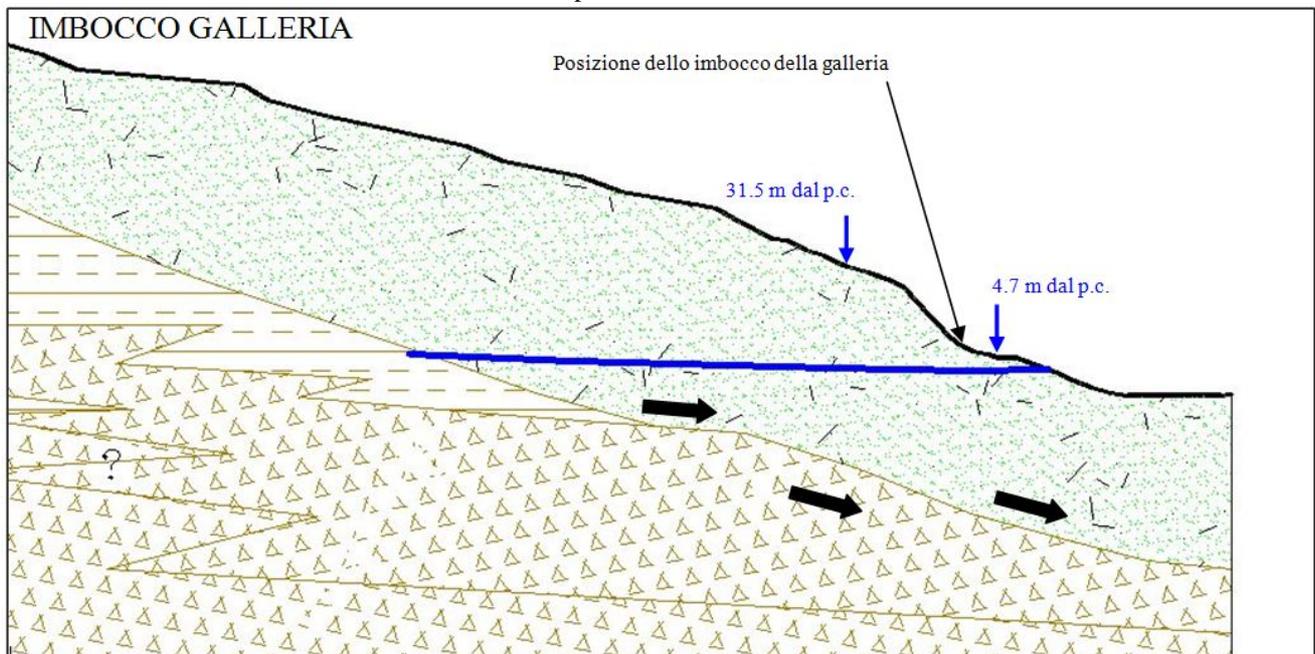


Figura24: le frecce nere indicano la direzione di deflusso delle acque saturate di sali, legate alla dissoluzione e lisciviazione delle rocce evaporitiche presenti nel sottosuolo.

In un simile assetto generale dell'area il tracciato della galleria di progetto appare scarsamente interferente con la superficie piezometrica degli acquiferi presenti; in particolare:

- in corrispondenza dell'imbocco è possibile che, in occasione di forti oscillazioni del livello piezometrico all'interno dei detriti di versante, il tracciato della galleria intercetti tale livello entro i primi 150 m di scavo. E' altresì possibile incontrare localmente piccole falde sospese di limitata potenzialità. Il progetto della galleria, con riferimento alla zona di imbocco all'interno dei depositi di versante, è stato eseguito considerando la presenza di un carico idraulico imputabile ad un livello idrico in equilibrio con il pelo libero del lago;
- in corrispondenza dello sbocco è possibile che, nei pressi della zona fratturata riconducibile al Lineamento tettonico regionale della Faglia dell'Abbioccolo, venga intercettata parzialmente la superficie piezometrica della falda circolante nell'ammasso roccioso fratturato, ma gli effetti indotti dalla galleria sono sia qualitativamente che quantitativamente trascurabili rispetto a quelli connessi con il Lineamento dell'Abbioccolo. Infatti tale Lineamento esercita la sua azione di drenaggio indipendentemente dalla presenza o meno della galleria. Inoltre le dimensioni della galleria sono del tutto trascurabili rispetto allo spessore dell'acquifero;
- in corrispondenza del tratto centrale della galleria è possibile aspettarsi locali venute d'acqua, difficilmente stimabili in ubicazione e portata, provenienti da eventuali sacche di acqua create all'interno della Formazione di San Giovanni Bianco.

Con riferimento alla stabilità dei versanti, date le caratteristiche geotecniche (granulometria e stato di fratturazione) delle unità attraversate, si esclude la presenza di pressioni interstiziali. Le problematiche franose sono state esaminate così come riportato nella relazione geotecnica e sismica.

## **6.2 CARTE GEOAMBIENTALI DEL SIT**

Le informazioni generali desunte dalla consultazione della carta dei complessi permeabili, pubblicata dal SIT della Provincia di Brescia nella sezione Carte Geoambientali, sono coerenti con le caratteristiche idrogeologiche qualitative descritte per ciascuna unità geologica presente nell'area. In particolare dall'estratto di seguito riportato si deduce il grado di permeabilità delle formazioni geologiche affioranti e subaffioranti nell'area, distinguendo le formazioni dotate di permeabilità da elevata a media (colore blu) da quelle dotate di permeabilità da ridotta a molto ridotta (azzurro chiaro):

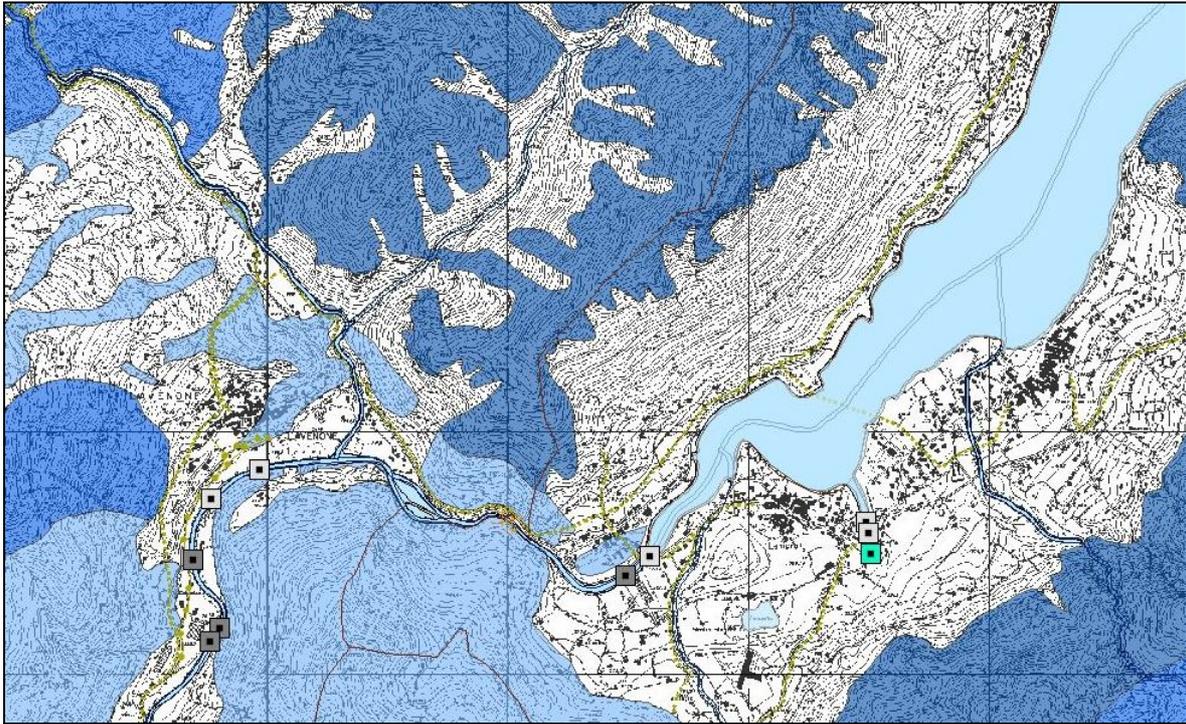


Figura25: Estratto della carta dei complessi permeabili, pubblicata dal SIT della Provincia di Brescia nella sezione Carte Geoambientali

In bianco sono evidenziate le coperture caratterizzate in generale da un grado di permeabilità da elevato a medio, in relazione alla granulometria del deposito presente.

L'assetto idrogeologico generale desumibile da queste informazioni è caratterizzato dalla presenza di rocce più permeabili poggianti su rocce a permeabilità ridotta entrambe in affioramento o subaffioramento nel versante SW del rilievo "Coste della Pieve" (sbocco della galleria di progetto), mentre risultano ricoperte da una coltre detritica di spessore dell'ordine dei 50-100 m nel versante SE in corrispondenza dell'imbocco della galleria.

Il modello idrogeologico a validità generale ipotizzato in precedenza ben si inquadra con quanto sopraccitato.

## 7 RICOSTRUZIONE DELLE SEZIONI GEOLOGICHE

Le sezioni geologiche, ricostruite sulla base dei dati geologici di superficie, presentano una forte incertezza, legata soprattutto all'estrema limitatezza di giaciture presenti nella zona e quindi alla conseguente impossibilità di ricostruire, in modo attendibile, arealmente e verticalmente l'andamento spaziale delle diverse unità litostatigrafiche.

Si è fatto riferimento alle seguenti giaciture:

- giacitura ritrovata negli strati di Arenaria di Val Sabbia affioranti in prossimità di Pieve Vecchia nel Comune di Idro a quota di circa 400 m slm;
- giacitura ritrovata negli strati marnosi più competenti presenti nella litofacies terrosa della Formazione di San Giovanni Bianco affiorante nei pressi di località Piazze a quota di circa 490 m slm al confine tra il Comune di Lavenone e il Comune di Idro;
- giacitura ritrovata lungo una blanda stratificazione parzialmente amalgamata della Formazione di Castro Sebino affiorante a quota di circa 500 m slm in corrispondente della parete rocciosa posta a monte di località Ravere nel Comune di Lavenone;
- giacitura ritrovata in corrispondenza di alcuni strati calcarei ricristallizzati scuri immersi nelle brecce intraformazionali della Formazione di Castro Sebino posti in prossimità di località Zeler a quota di circa 650 m slm nel Comune di Lavenone.

Sulla base delle 4 giaciture sopra descritte è possibile immaginare, nell'ipotesi di totale assenza di disturbi tettonici, una successione stratigrafica generalmente immergente verso NW con inclinazioni piuttosto limitate e comunque variabili da un minimo di 10° e un massimo di 50°.

Per quanto riguarda la ricostruzione geologica lungo il tracciato della galleria di progetto le forti disomogeneità laterali ritrovate, in termini litostratigrafici, tra il versante occidentale posto nel Comune di Lavenone e il versante orientale posto nel Comune di Idro, fanno propendere per una struttura molto più complessa di una semplice monocline vergente a NW.

Probabilmente, in prossimità del lineamento tettonico della Faglia dell'Abbioccolo, l'andamento degli strati del substrato roccioso interessato risulta perturbato e molto articolato, con una vaga immersione a NE, passando, muovendosi verso E, ad una immersione NW e nuovamente ad una NE.

Il passaggio stratigrafico laterale esistente tra l'Arenaria di Val Sabbia e la soprastante litofacies arenacea della Formazione del San Giovanni Bianco con le litofacies terrosa ed evaporitica appartenenti alla stessa formazione è molto articolato, legato agli effetti sia della tettonica sinsedimentaria sia della tettonica post-sedimentaria alpina, a cui si devono associare gli effetti derivati dalla complessità dell'ambiente deposizionale frutto di frequenti eteropie.

Per quanto sopra ricordato gli spessori della Formazione di San Giovanni Bianco nel suo complesso sono piuttosto variabili. Infatti sono dell'ordine dei 100-200 m nel settore occidentale e dell'ordine dei 200-300 m nel settore orientale.

LEGENDA

	DEPOSITI LACUSTRI ATTUALI e RECENTI
	DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI
	DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI/ANTICHI
	LENTI DEPOSITI TORBOSI
	DEPOSITI DERITICI MEDIO-FINI TALORA CEMENTATI
	DEPOSITI DETRITICI MISTI AD DEPOSITO ELUVIO-COLLUVIALE
	FORMAZIONE DI CASTRO SEBINO
	FORMAZIONE SAN GIOVANNI BIANCO - FACIES BRECCIATA
	FORMAZIONE SAN GIOVANNI BIANCO - FACIES TERROSA
	FORMAZIONE SAN GIOVANNI BIANCO - FACIES ARENACEA
	LENTI EVAPORITICHE
	BRECCIE EVAPORITICHE MISTE A FACIES TERROSA
	ARENARIA DI VAL SABBIA
	DEPOSITO ELUMALE DI ALTERAZIONE DELL'ARENARIA DI VAL SABBIA
	ARENARIA DI VAL SABBIA TETTONIZZATA
	FAGLIA DELL'ABBIOCOLO

Figura 23: legenda utilizzata nelle sezioni geologiche.